

明 細 書

エッチング方法

技術分野

本発明は、例えば２層レジストの下層レジストをエッチングする場合のように、基板上に形成された有機系材料の下層膜を、Ｓｉ（シリコン）含有有機系材料の上層膜をマスクとしてプラズマエッチングする方法に関する。

背景技術

近時、半導体デバイスは一層の高集積化が求められており、そのため、より微細なパターンを形成することが要求されている。そこで、フォトリソグラフィ工程においては、微細パターンに対応して高解像度を得るために、ドライエッチングによるパターン形成の際に半導体ウエハ上に形成されるレジスト膜を薄く形成する必要がある。

しかし、微細パターンに対応してレジスト膜を薄くしていくと、レジスト膜に対する被エッチング膜のエッチング選択比が十分にとれず、良好なパターンを形成し難いという問題がある。

そこで、従来よりこのような不都合を解消する技術として２層レジストが用いられている。２層レジストの例としては、被エッチング膜の上に平坦化のための下層レジスト膜を形成し、その上に上層レジスト膜として感光性レジスト膜を形成したものが挙げられる。

このような２層レジストにおいては、上層の感光性レジスト膜としてＳｉを含有したものをを用いる。この感光性レジスト膜に露光および現像によりレジストパターンを形成する。次いで、このパターン化された上層レジスト膜をマスクとして下層レジスト膜をエッチング（ドライ現像）する。最後に、上層レジストおよび下層レジストをマスクとして被エッチング膜をエッチングする。

このような一連のエッチング工程において、上層レジスト膜をマスクとして下層レジスト膜をエッチングする際には、従来よりＯ₂ガスを主体とするＯ₂系ガス

が用いられている。 O_2 系ガスにより上層レジスト膜に SiO_2 が生じるので、下層レジストを上層レジストに対して高い選択比でエッチングすることができる。これにより、上層レジスト膜の残膜厚さを大きくすることができる。

しかしながら、このように O_2 系ガスによりエッチングを行うと、エッチングの形状性および精度が不十分であるという問題がある。具体的には、エッチングされた部分の断面形状が、図4に示すような、ボーイングと称される弓形のものとなり、CD (critical dimension) シフト値の制御性が悪くなる。ここで、CDシフト値とは、図3に示すように、エッチング後における有機系材料層64の最下部のCD値(ボトムCD)から最上部のCD値(トップCD)を引いた値をいう。したがって、トップよりもボトムが広がった場合にはプラス(+)、トップよりもボトムが狭い場合にはマイナス(-)の値を取る。

一方、エッチングガスとして、 H_2 ガスと N_2 ガスとの混合ガスも検討されている。この場合には、ボーイングが生じ難くCDシフトも小さいので、エッチングの形状性や精度には問題がない。

しかしながら、 H_2 ガスと N_2 ガスとの混合ガスでは、下層レジストの上層レジストに対するエッチング選択比が低い。このため、下層レジストをエッチングした際に、上層レジストの厚さが小さくなって2層レジストの利点が損なわれてしまう。

発明の開示

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであって、 Si 含有有機系材料の上層膜をマスクとして有機系材料の下層膜をエッチングする場合に、良好な選択比で、かつ形状性および精度良くエッチングする方法を提供することを目的とする。

本発明者らは、上記課題を解決すべく研究を重ねた結果、そのようなエッチングを行う場合には、 NH_3 ガスと O_2 ガスとを含む混合ガスを用いれば、CDシフト値を所望の値に制御することができ、良好な選択比を維持しつつ、形状性および精度良くエッチングすることができることを見出した。

本発明は、このような知見に基づいて完成されたものであり、処理容器内で、

エッチングガスのプラズマにより、S i 含有有機系材料の上層膜をマスクとして、基板上に形成された有機系材料膜の下層膜をエッチングする方法であって、前記処理容器内に、前記エッチングガスとして NH_3 ガスと O_2 ガスとを含む混合ガスを供給すると共に、 NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比を調整することによりエッチングのCDシフト値を制御する、ことを特徴とするエッチング方法を提供する。

なお、2層レジストの下層レジストにおいて NH_3 ガスと O_2 ガスを用いることは、特開平1-280316号公報に記載されている。しかし、この公報に記載されているのは、有機膜を高エッチングレートでエッチングするために NH_3 を含むガスが有効である、ということだけである。この公報では、 O_2 ガスは NH_3 ガスに添加されるガスの1種に過ぎず、本発明のように、 NH_3 ガスに O_2 ガスを添加することによりCDシフト値を制御することについては全く考慮されていない。したがって、この公報に開示された技術は、本発明とは関係のない技術である。

本発明はまた、処理容器内で、エッチングガスのプラズマにより、S i 含有有機系材料の上層膜をマスクとして、基板上に形成された有機系材料の下層膜をエッチングする方法であって、前記処理容器内に、前記エッチングガスとして NH_3 ガスと O_2 ガスとを含む混合ガスを供給すると共に、 NH_3 ガスに対する O_2 の流量比を0.5～20%とする、ことを特徴とするエッチング方法を提供する。

これにより、 O_2 ガスの作用が有効に発揮され、より良好なCDシフト値が得られるとともに、エッチング残渣をより生じ難くすることができる。この場合、さらに NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比を5～10%とすることが好ましい。

以上のエッチング方法においては、前記処理容器内の圧力を2.7Pa以上13.3Pa未満とすることが好ましい。

また、前記処理容器内で基板を支持する支持体の温度を0～20℃とすることが好ましい。

さらに、前記処理容器内に設けられた一対の対向電極間に前記プラズマを形成すると共に、前記基板の面積と前記電極間の距離との積である有効処理空間体積を $V \text{ (m}^3\text{)}$ とし、前記処理容器からの排気速度を $S \text{ (m}^3/\text{s e c)}$ とした場合

に、 V/S で表されるレジデンスタイムの値を20～60 msecとすることが好ましい。

前記基板は、前記下層膜の下に、この下層膜をマスクとしてエッチングされるべき表面層を有するものとすることができる。

本発明のエッチング方法は、前記処理容器内に設けられた一对の対向電極間に高周波電解を形成して前記プラズマを生成するような容量結合型プラズマエッチング装置を用いて行うことができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る方法を実施するためのエッチング装置を示す断面図。

図2は、本発明の実施形態のエッチング方法が適用される2層レジスト構造を示す断面図。

図3は、CDシフト値を説明するための断面図。

図4は、ボーイングを説明するための断面図。

図5は、肩部残りを説明するための断面図

発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

[エッチング装置]

図1は、本発明を実施するためのプラズマエッチング装置を示す概略断面図である。図1に示すプラズマエッチング装置1は、上下平行に配置された一对の対向電極板を備え、一方の電極にプラズマ形成用電源が接続された、容量結合型平行平板エッチング装置として構成されている。

このプラズマエッチング装置1は、例えば表面がセラミック溶射処理されたアルミニウムからなる円筒形の処理容器2を備えている。この処理容器2は保安接地されている。処理容器2内には、下部電極として機能するサセプタ3が、支持部材4に支持された状態で設けられている。サセプタ3上には、半導体ウエハWが水平に載置される。このウエハWは、例えばSiからなり、その表面に、後述するような積層構造が形成されている。支持部材4は、セラミックなどの絶縁板

5を介して、図示しない昇降装置の支持台6により支持されている。これにより、サセプタ3が昇降可能となっている。支持台6の下方中央部分は、ベローズ7で気密に覆われている。

支持部材4の内部には、冷媒室8が設けられている。この冷媒室8には、例えばガルデンなどの冷媒が冷媒導入管8aを介して導入されて循環し、その冷熱が前記サセプタ3を介して前記ウエハWに対して伝熱される。これにより、ウエハWの処理面が所望の温度に制御される。また、処理容器2が真空中に保持されていても、冷媒室8に循環される冷媒によりウエハWを有効に冷却可能なように、ウエハWの裏面に、例えばHeガス等の伝熱媒体を供給するためのガス通路9が設けられている。この伝熱媒体を介して、サセプタ3の冷熱がウエハWに有効に伝達され、ウエハWを精度良く温度制御することができる。

サセプタ3は、その上部中央が凸の円板状に成形されている。サセプタ3上には、絶縁材中に電極12を配置した構造の静電チャック11が設けられている。静電チャック11は、直流電源13から電極12に直流電圧を印加することで、例えばクーロン力によってウエハWを吸着保持する。サセプタ3の上端周縁部には、静電チャック11上に載置されたウエハWを囲むように、エッチングの均一性を向上させるためのフォーカスリング15が配置されている。

サセプタ3の上方には、このサセプタ3と平行に対向して上部電極として機能するシャワーヘッド21が設けられている。このシャワーヘッド21は、絶縁材22を介して、処理容器2の上部に支持されている。シャワーヘッド21は、サセプタ3との対向面24に多数の吐出孔23を有している。なお、ウエハW表面とシャワーヘッド21とは、例えば30～90mm程度離間され、この距離は前記の昇降機構により調節可能である。

シャワーヘッド21の中央には、ガス導入口26が設けられている。このガス導入口26には、ガス供給管27が接続されている。このガス供給管27には、バルブ28を介して、エッチングガス供給系30が接続されている。エッチングガス供給系30は、NH₃ガス供給源31およびO₂ガス供給源32を有している。これらガス源31、32からの配管には、それぞれマスフローコントローラ33およびバルブ34が設けられている。

そして、エッチングガスとしての NH_3 ガス、 O_2 ガスは、各ガス供給源 3 1、3 2 から、ガス供給配管 2 7 およびガス導入口 2 6 を介して、シャワーヘッド 2 1 内の空間に至り、ガス吐出孔 2 3 から処理容器 2 内に吐出される。

処理容器 2 の側壁の底部近傍には、排気管 3 5 が接続されている。この排気管 3 5 には、排気装置 3 6 が接続されている。排気装置 3 6 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを備えている。これにより、処理容器 2 内を所定の減圧雰囲気、例えば 1 Pa 以下の圧力まで真空引き可能なように構成されている。また、処理容器 2 の側壁には、ウエハ W の搬入出口 3 7 と、この搬入出口 3 7 を開閉するゲートバルブ 3 8 とが設けられている。このゲートバルブ 3 8 を開にした状態で、ウエハ W が、搬入出口 3 7 を通じて、隣接するロードロック室(図示せず)との間で搬送される。

上部電極として機能するシャワーヘッド 2 1 には、整合器 4 1 を介して高周波電源 4 0 が接続されている。この高周波電源 4 0 は、例えば 60 MHz の周波数の高周波電力を、上部電極であるシャワーヘッド 2 1 に供給する。これにより、上部電極であるシャワーヘッド 2 1 と、下部電極であるサセプタ 3 との間に、プラズマ形成用の高周波電界を形成する。また、シャワーヘッド 2 1 にはローパスフィルター (LPF) 4 2 が接続されている。

下部電極として機能するサセプタ 3 には、整合器 5 1 を介して高周波電源 5 0 が接続されている。この高周波電源 5 0 は、例えば 2 MHz の周波数の高周波電力を、下部電極であるサセプタ 3 に供給する。これにより、プラズマ中のイオンをウエハ W に向けて引き込み、異方性の高いエッチングを実現する。また、このサセプタ 3 にはハイパスフィルター (HPF) 1 6 が接続されている。

[エッチング方法]

次に、このように構成されるプラズマエッチング装置を用いた、2 層レジストにおける下層レジスト膜のエッチング方法について説明する。

(エッチングの概要)

図 2 は、エッチングの対象となる 2 層レジストが形成された構造の一例を示す断面図である。この構造では、ウエハ W の表面に形成された表面層 6 1 の上に、2 層レジスト 6 2 が形成されている。この 2 層レジスト 6 2 は、上層レジスト膜

としてのSi含有有機系材料の感光性レジスト膜63と、下層レジスト膜としての有機系材料膜64とを有している。

感光性レジスト膜63は、所定のパターンに露光、現像されている。この感光性レジスト膜63をマスクとして、有機系材料膜64をエッチング(ドライ現像)する。その後、感光性レジスト膜63と、そのようにしてエッチングされた有機系材料膜64とが、表面層61をエッチングする際のマスクとして利用される。

下層レジスト膜としての有機系材料膜64は、感光性は必要とせず、下地の表面層61に対するエッチング選択比の高いものが選ばれる。そのような有機系材料膜64としては、CおよびHを含有したものや、これらにさらにOを含有したものをを用いることができる。なお、エッチング選択比を高くしてその膜厚を薄くする観点からはCリッチな膜とすることが好ましい。

さらに、ウエハWの表面層61としては、SiON、SiN、SiC、TiN、およびSiO₂、SiOC等の層間絶縁膜用の材料から選択された少なくとも1つの材料で構成したものが好適である。

さて、感光性レジスト膜63に形成された微細パターンを表面層61に正確に転写するためには、感光性レジスト膜63をマスクとした有機系材料膜64のエッチングを高選択比で、かつ形状性良く、しかも高精度で行う必要がある。

(エッチング操作)

図1の装置を用いて、上記のエッチングを行う際には、次のような操作を行う。まず、ゲートバルブ38を開にして、ウエハWを処理容器2内に搬入し、サセプタ3上に載置する。その後、ゲートバルブ38を閉じ、サセプタ3を上昇させてサセプタ3上のウエハW表面とシャワーヘッド21との距離を30～90mm程度に調整する。そして、排気装置36により処理容器2内を排気して減圧する。その後、直流電源13から静電チャック11内の導電体12に直流電圧を印加する。

次いで、エッチングガス供給系30から処理容器2内に、エッチングガスとしてのNH₃ガスおよびO₂ガスの混合ガスを導入する。そして、高周波電源40からシャワーヘッド21に高周波電力を印加して、上部電極としてのシャワーヘッド21と、下部電極としてのサセプタ3との間に高周波電界を生じさせる。これ

により、両電極 2 1, 3 間にエッチングガス (NH_3 ガスと O_2 ガスとの混合ガス) のプラズマを生成する。プラズマの生成によりウエハ W は静電チャック 1 1 上に静電吸着される。

生成されたエッチングガスのプラズマにより、有機系材料膜 6 4 のエッチングを行う。このとき、高周波電源 5 0 から下部電極であるサセプタ 3 に所定の周波数の高周波電力を印加して、プラズマ中のイオンをサセプタ 3 側へ引き込むようにする。

このエッチングの際には、所望の CD シフト値が得られるように、 NH_3 ガスと O_2 ガスとの流量比を調整する。なお、 NH_3 ガスのみでも有機系材料膜 6 4 を感光性レジスト膜 6 3 に対して高選択比でエッチングすることが可能である。しかし、 NH_3 ガスのみの場合にはエッチングが不足しやすく、エッチング部分の幅が狭くなる傾向にあり、良好な CD シフト値が得られない。また、エッチング残渣が残存する傾向がある。これに対して、適当量の O_2 ガスを添加することにより、エッチングが促進され、所望の CD シフト値とすることが可能である。しかも、エッチング残渣も生じ難くすることができる。

(エッチング条件)

この場合に、 NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比 O_2/NH_3 を 0.5 ~ 20 % とすることが好ましい。 O_2/NH_3 が 0.5 % 以上であれば O_2 の作用が有効に発揮され、良好な CD シフト値が得られるとともに、エッチング残渣をより生じ難くすることができる。また、 O_2/NH_3 が 20 % を超えると、図 4 に示すように、エッチングの途中で弓状に膨らんだボーイングが生じてエッチングの形状が悪くなる傾向にある。 O_2/NH_3 は、より好ましくは 5 ~ 10 % である。 O_2/NH_3 が 5 % を超えると、さらに一層良好な CD シフト値が得られ、しかもエッチング残渣を確実に解消することが可能となる。

このエッチングの際の処理容器 2 内の圧力は、13.3 Pa 未満であることが好ましい。これ以上の圧力の場合には、エッチング残渣が生じやすくなり好ましくない。一方、処理容器内圧力が 2.7 Pa 未満の場合には、CD シフト値のプラス側に大きく (トップ CD が広く) なりすぎるおそれがあり、エッチング形状も悪くなるおそれがある。従って、処理容器 2 内の圧力は、好ましくは 2.7

P a 以上 1 3 . 3 P a 未満、より好ましくは 6 . 7 P a 以上 1 3 . 3 P a 未満である。

また、エッチングの際のサセプタ温度は、0～20℃であることが好ましい。サセプタ温度が0℃未満の場合には、エッチングの進行が遅く、CDシフト値がマイナス側に大きく（ボトムCDが小さく）なりすぎるおそれがある。一方、サセプタ温度が20℃を超えると、エッチングの進行が速く、CDシフト値がプラス側に大きく（ボトムCDが大きく）なりすぎるおそれがある。

さらに、エッチングの際におけるエッチングガスのレジデンスタイムは20～60 msec (milliseconds) であることが好ましい。レジデンスタイムが60 msec を超えるとCDシフト値がプラス側に大きくなりすぎるおそれがある。一方、20 msec 未満では、エッチングの進行が遅くCDシフト値がマイナス側に大きくなりやすくなる。

なお、レジデンスタイムとは、処理容器内においてエッチングガスがエッチングに寄与する領域における、エッチングガスの滞留時間をいう。具体的には、ウエハWの面積と電極間の距離との積である有効処理空間体積を V (m^3)（ウエハ外側に対応する空間内のガスはエッチングに寄与しないから、エッチングに寄与するガスが存在する空間の体積である有効処理空間体積を用いる）、処理容器からの排気速度を S (m^3/s)、処理容器内圧力を p (Pa)、総流量を Q (Pa・ m^3/s) とすると、レジデンスタイム τ は、以下の式で求めることができる。

$$\tau = V / S = p V / Q \text{ (sec)}$$

以上の条件下でエッチングを行い、予め把握されている「有機系材料膜64が完全にエッチングされるまでの時間」に対し10～30%オーバーエッチングになる時間経過した時点でエッチングを終了する。

[実験例]

次に、本発明の効果を確認した実験例について説明する。

ここでは、図2に示す構造において、図1に示すプラズマエッチング装置にて

ホールおよびトレンチを形成するエッチングを行った。共通の条件として、ウエハWに200mmウエハを用い、所定パターンの厚さ310nmの感光性レジスト膜63をマスクとして、下層レジスト膜である厚さ800nmの有機系材料膜64をエッチングした。また、エッチング前のトップCDの値（図2）は240nmであった。高周波電源40の周波数は60MHz、高周波電源50の周波数は2MHzとした。

まず、比較例として、O₂ガスを主体とするエッチングガスを用いて実験を行った。この際の条件は、サセプタ温度：0℃、電極間ギャップ：55mm、O₂ガスの流量：0.1L/min、処理容器内圧力：2.0～3.3Pa、上部電極パワー：500W、下部電極パワー：150W、オーバーエッチング：10%とした。その結果、感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が240nmとエッチングの選択性は良好であり、エッチング残渣も存在しなかった。しかし、CDシフト値がセンターで+77～101nm、エッジで+77～97nmと大きく、ボーイングも生じていた。

次に、処理容器内圧力を2.7Paとし、エッチングガスとしてO₂ガス：0.05L/minに、（A）N₂ガス：0.05L/minおよび（B）COガス：0.05L/minのいずれかを加え、他の条件は全て同一としてエッチングを行った。その結果、CDシフト値が、（A）ではセンター：+132nm、エッジ：+133nm、（B）ではセンター：+79nm、エッジ：+72nmといずれも大きく、共にボーイングも生じていた。

これらの結果から、O₂ガス系ではCDシフト値を所望の値に制御することが困難であることが把握された。

また、他の比較例として、N₂ガスとH₂ガスとの混合ガスをエッチングガスとして実験を行った。この際の条件は、N₂ガス流量：0.3L/min、H₂ガス流量：0.3L/min、処理容器内圧力：13.3Pa、上部電極パワー：1000W、下部電極パワー：100Wとし、他の条件は上記比較例と同様とした。その結果、CDシフト値は、センター：-2nm、エッジ：+3nmと良好な値であり、エッチング残渣も存在しなかった。しかし、感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が200nmとなり、エッチング選択比が悪くて感光性レジス

ト層63が薄くなりすぎることが把握された。

さらに他の比較例として、 NH_3 ガスをエッチングガスとして実験を行った。この際の条件は、 NH_3 ガス流量：0.3 L/minとした以外は、上記の N_2 ガスと H_2 ガスとの混合ガスを用いた場合と同様とした。その結果、感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が265 nmと、エッチングの選択性は良好であった。しかし、エッチング残渣が存在し、またCDシフト値が、センター：-21 nm、エッジ：-25 nmと、ボトムCDが小さくなる傾向にあることが把握された。

次に、本発明の範囲にある実施例として、 NH_3 ガスと O_2 ガスとの混合ガスをエッチングガスとして実験を行った。この際の条件は、電極間ギャップ：55 mm、上部電極パワー：1000 W、下部電極パワー：100 Wとした。一方、 NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比 O_2/NH_3 の値、処理容器内圧力、サセプタ温度、およびレジデンスタイムはそれぞれ様々な値を用いた。

まず、 NH_3 ガス流量：0.3 L/min、 O_2 ガスの流量：0.03 L/min（流量比 O_2/NH_3 の値：10%）、サセプタ温度を0℃とした。そして、処理容器内圧力を（1）10.0 Pa、（2）13.3 Pa、（3）26.6 Paと変化させた。その結果、いずれも感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が250 nm以上と、エッチングの選択性が良好であった。また、CDシフト値、肩部残り、エッチング残渣を調査した。その結果を、レジデンスタイムとともに以下に示す。なお、肩部残りとは、図5に示すように、感光性レジスト層63がエッチングされた際の肩部の下の直線部の長さXをいい、この値が大きいほど好ましい。

（1）処理容器内圧力：10.0 Pa

レジデンスタイム：31.0 msec

CDシフト値

センター：-33 nm

エッジ：-45 nm

肩部残り

センター : 36 nm

エッジ : 59 nm

エッチング残渣 : なし

(2) 処理容器内圧力 : 13.3 Pa

レジデンスタイム : 41.4 msec

CDシフト値

センター : -13 nm

エッジ : -30 nm

肩部残り

センター : 72 nm

エッジ : 69 nm

エッチング残渣 : 多少存在

(3) 処理容器内圧力 : 26.6 Pa

レジデンスタイム : 82.7 msec

CDシフト値

センター : +19 nm

エッジ : 0 nm

肩部残り

センター : 83 nm

エッジ : 49 nm

エッチング残渣 : 多量に存在

以上のように、処理容器内圧力が13.3 Pa以上になるとエッチング残渣が出る傾向にあるが、10.0 Paでは、エッチング残渣は生じなかった。これにより、処理容器内圧力は13.3 Pa未満がよいことが把握された。ただし、10.0 Paでは、CDシフト値がマイナス側に大きい傾向にある。

次に、NH₃ガス流量 : 0.3 L/min、O₂ガスの流量 : 0.03 L/min

n（流量比 O_2/NH_3 の値：10%）とし、処理容器内圧力を上記実験で最も結果が良かった10.0 Paとした。そして、サセプタ温度を（4）0℃（上記（1）と同じ）、（5）10℃、（6）20℃と変化させた。その結果、いずれも感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が250 nm以上と、エッチングの選択性が良好であった。また、CDシフト値、肩部残り、エッチング残渣を調査した結果を以下に示す。

（4）サセプタ温度：0℃

CDシフト値

センター：-33 nm

エッジ：-45 nm

肩部残り

センター：36 nm

エッジ：59 nm

エッチング残渣：なし

（5）サセプタ温度：10℃

CDシフト値

センター：-9 nm

エッジ：-5 nm

肩部残り

センター：56 nm

エッジ：--

エッチング残渣：なし

（6）サセプタ温度：20℃

CDシフト値

センター：+39 nm

エッジ：+49 nm

肩部残り

センター : 85 nm

エッジ : 127 nm

エッチング残渣 : なし

以上のように、サセプタ温度によりCDシフト値が変化し、0℃ではCDシフト値がマイナス側に大きい傾向にある。しかし、サセプタ温度が上昇するに従って、CDシフト値はプラス側へ向かい、サセプタ温度が20℃ではプラス側に大きくなる傾向にある。この結果から、サセプタ温度は0～20℃が好ましいことが把握された。

次に、流量比 O_2/NH_3 の値 : 10%とし、処理容器内圧力 : 10.0 Pa、サセプタ温度 : 10℃として、ガスの総流量 Q およびレジデンスタイム τ を以下の(7)～(9)のように変化させた。

(7) 総流量 : 0.165 L/min

レジデンスタイム : 62.1 msec

(8) 総流量 : 0.330 L/min

レジデンスタイム : 31.0 msec

(9) 総流量 : 0.495 L/min

レジデンスタイム : 20.7 msec

その結果、いずれも感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が250 nm以上と、エッチングの選択性が良好であった。また、CDシフト値、肩部残り、エッチング残渣を調査した結果を以下に示す。

(7) CDシフト値

センター : +51 nm

エッジ : + 5 3 n m

肩部残り

センター : --

エッジ : --

エッチング残渣 : なし

(8) C Dシフト値

センター : - 9 n m

エッジ : - 5 n m

肩部残り

センター : 5 6 n m

エッジ : --

エッチング残渣 : なし

(9) C Dシフト値

センター : + 1 1 n m

エッジ : - 1 8 n m

肩部残り

センター : 5 9 n m

エッジ : 7 9 n m

エッチング残渣 : トレンチ部でエッチング残渣あり

以上のように、レジデンスタイムが 6 0 m s e c 以上の (7) では C D シフト値がプラス側に大きい傾向にある。また、レジデンスタイムが 2 0 m s e c 付近の (9) では C、D シフト値は良好であったが、トレンチ部で若干エッチング残渣が存在している。これにより、レジデンスタイムが 2 0 m s e c 未満になるとエッチング残渣が問題になることが予想される。

次に、 NH_3 ガスの流量を 0. 3 L / m i n で一定とし、 O_2 ガスの流量を 0. 0 3 L / m i n および 0. 0 1 5 L / m i n に変化させた。これにより、流量比

O_2/NH_3 の値を(10) 10%および(11) 5%に変化させた。なお、処理容器内圧力：10.0 Pa、サセプタ温度：10℃とした。その結果、いずれも感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が250 nm以上と、エッチングの選択性が良好であった。また、CDシフト値、肩部残り、エッチング残渣を調査した結果を以下に示す。

(10) O_2/NH_3 : 10%

CDシフト値

センター : -9 nm

エッジ : -5 nm

肩部残り

センター : 56 nm

エッジ : --

エッチング残渣 : なし

(11) O_2/NH_3 : 5%

CDシフト値

センター : -10 nm

エッジ : -10 nm

肩部残り

センター : 56 nm

エッジ : 130 nm

エッチング残渣 : なし

以上のように、 O_2/NH_3 が10%以下で良好な結果となった。また、 O_2/NH_3 が5%以下であっても良好なCDシフト値が得られることが予想される。ただし、 O_2/NH_3 の値は、10%では、許容される程度ではあるがボーイングが生じた。従って、 O_2/NH_3 の値は、20%以下が好ましく、10%以下がより好ましいと予想される。また、 O_2/NH_3 の値は、小さすぎるとエッチング残

渣が生じるため、0.5%以上が好ましい。

次に、処理容器内圧力以外は上記(10)と全く同一とし、処理容器内圧力を6.7 Paに減じた(12)について、同様の試験を行った。その結果、感光性レジスト層63のフラット部の残膜量が250 nm以上とエッチングの選択性が良好であった。また、CDシフト値、肩部残り、エッチング残渣は以下のとおりであった。

(12) 処理容器内圧力：6.7 Pa

CDシフト値

センター：+13 nm

エッジ：+4 nm

肩部残り

センター：92 nm

エッジ：59 nm

エッチング残渣：なし

以上のように、処理容器内圧力を6.7 Paまで低下させても良好な結果となった。ただし、処理容器内圧力を低下させるとCDシフト値が大きくなり、エッチング形状も多少悪くなる傾向にある。このため、処理容器内圧力は2.7 Pa、以上が好ましいと考えられる。

以上を総合的に判断すると、NH₃ガス流量：0.3 L/min、O₂ガスの流量：0.015 L/min（流量比O₂/NH₃の値：5%）、サセプタ温度：10℃、処理容器内圧力：10.0 Paの条件が最もよいことが把握された。

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく、種々変形可能である。

例えば、上記実施形態では上下電極に高周波電力を印加してエッチングを行う平行平板型のプラズマエッチング装置を用いたが、これに限るものではない。例えば、上部電極または下部電極のいずれかのみに高周波電力を印加すタイプの装置であってもよい。また、永久磁石を用いたマグネトロンRIEプラズマエッチ

ング装置であってもよい。また、容量結合型のプラズマエッチング装置に限らず、誘導結合型等の、他の種々のプラズマエッチング装置を用いることができる。ただし、適度なプラズマ密度で高いエッチング選択比を得る観点から容量結合型のものが好ましい。また、上記実施形態では2層レジストのエッチングについて説明したが、Si含有有機系材料膜をマスクとする有機系材料膜のエッチングであればこれに限るものではない。

請 求 の 範 囲

1. 処理容器内で、エッチングガスのプラズマにより、S i 含有有機系材料の上層膜をマスクとして、基板上に形成された有機系材料膜の下層膜をエッチングする方法であって、

前記処理容器内に、前記エッチングガスとして NH_3 ガスと O_2 ガスとを含む混合ガスを供給すると共に、 NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比を調整することによりエッチングのCDシフト値を制御する、ことを特徴とするエッチング方法。

2. 前記処理容器内の圧力を2.7 Pa以上13.3 Pa未満とする、ことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

3. 前記処理容器内で基板を支持する支持体の温度を $0 \sim 20^\circ\text{C}$ とする、ことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

4. 前記処理容器内に設けられた一対の対向電極間に前記プラズマを形成すると共に、前記基板の面積と前記電極間の距離との積である有効処理空間体積を $V(\text{m}^3)$ とし、前記処理容器からの排気速度を $S(\text{m}^3/\text{sec})$ とした場合に、 V/S で表されるレジデンスタイムの値を $20 \sim 60 \text{msec}$ とする、ことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

5. 前記基板は、前記下層膜の下に、この下層膜をマスクとしてエッチングされるべき表面層を有する、ことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

6. 前記処理容器内に設けられた一対の対向電極間に高周波電解を形成して前記プラズマを生成するような容量結合型プラズマエッチング装置を用いて行われる、ことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

7. 処理容器内で、エッチングガスのプラズマにより、S i 含有有機系材料

の上層膜をマスクとして、基板上に形成された有機系材料の下層膜をエッチングする方法であって、

前記処理容器内に、前記エッチングガスとして NH_3 ガスと O_2 ガスとを含む混合ガスを供給すると共に、 NH_3 ガスに対する O_2 の流量比を0.5～20%とする、ことを特徴とするエッチング方法。

8. NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比を5～10%とする、ことを特徴とする請求項7に記載のエッチング方法。

9. 前記処理容器内の圧力を2.7Pa以上13.3Pa未満とする、ことを特徴とする請求項7に記載のエッチング方法。

10. 前記処理容器内で基板を支持する支持体の温度を0～20℃とする、ことを特徴とする請求項7に記載のエッチング方法。

11. 前記処理容器内に設けられた一対の対向電極間に前記プラズマを形成すると共に、前記基板の面積と前記電極間の距離との積である有効チャンバー体積を V (m^3) とし、前記処理容器からの排気速度を S (m^3/sec) とした場合に、 V/S で表されるレジデンスタイムの値を20～60msecとする、ことを特徴とする請求項7に記載のエッチング方法。

12. 前記基板は、前記下層膜の下に、この下層膜をマスクとしてエッチングされるべき表面層を有する、ことを特徴とする請求項7に記載のエッチング方法。

13. 前記処理容器内に設けられた一対の対向電極間に高周波電解を形成して前記プラズマを生成するような容量結合型プラズマエッチング装置を用いて行われる、ことを特徴とする請求項7に記載のエッチング方法。

要 約 書

処理容器内で、Si含有有機系材料の上層膜（63）をマスクとして、基板の表面層（61）上に形成された有機系材料膜の下層膜（64）をエッチングする方法である。処理容器内にエッチングガスとして NH_3 ガスと O_2 ガスとを含む混合ガスを供給し、このエッチングガスのプラズマによりエッチングを行う。エッチングガスを供給する際、 NH_3 ガスに対する O_2 ガスの流量比を調整することにより、エッチングのCDシフト値を制御することができる。具体的には、その流量比を0.5～20%、好ましくは5～10%とすることで、良好なCDシフト値が得られる。